

## 市販豆腐における遺伝子組換え大豆と表示に関する基礎研究

福島正子・鈴木優子・古川由佳・竹山恵美子

Basic Research on the Relationship between Genetically Modified Soybeans and Labels Used for Commercial *Tofu*

Masako FUKUSHIMA, Yuuko SUZUKI, Yuka FURUKAWA and Emiko TAKEYAMA

Genetically engineered crops (GM foods) began to be cultivated in the U.S.A. from 1994, and the present world-wide acreage planted is about 81 million hectares. The GM soybeans planted account for more than 56 percent of all soybeans in the world. Japanese probably consume a large amount of GM soybeans because 96 percent of the soybeans consumed are imported from several countries that cultivate GM soybeans. If processed foods are correctly labelled then the consumer can know whether GM soybeans are used but labelling is not always accurate. The object of our study is to promote truthful labelling and we chose to investigate *tofu*. *Tofu* samples were purchased from supermarkets, convenience stores and speciality stores in Tokyo, Kanagawa and Saitama prefectures.

We detected recombinant DNA of soybeans in 14 of 42 *tofu* samples. From *tofu* produced from domestic soybeans, recombinant DNA was detected in 2 of 15 samples slightly.

*Key words:* genetic modification (遺伝子組換え), imported soybean (輸入大豆), processed food (加工食品), domestic soybean (国内産大豆), labelling (表示), recombinant DNA (組換えDNA)

### 1. はじめに

遺伝子組換え (GM) 作物は、1994年にアメリカで導入され、1996年日本でも一部の食品にGM作物を使用することが認められている<sup>1)</sup>。現在遺伝子組換え技術を導入した作物の栽培面積は全世界で8100万haにも及び (2004年)<sup>2)</sup>、今後ますます増加していくと予測される。なかでもGMダイズ栽培は総面積の約56%を占めており<sup>2)</sup>、供給量の約96%を輸入に頼っている我が国にも、かなりの量が輸入されている<sup>3)</sup>。

我が国では2001年3月に厚生労働省がGM食品等の安全性についての省令を公布し<sup>4)</sup>、2005年現在、JAS法ではGMダイズ・ジャガイモ・トウモロコ

シなどを原材料とする30種類の加工食品等の表示を義務化している<sup>5)</sup>。以来消費者はGM食品を表示によって選択することが可能となったが、加工食品等の表示については現在も種々の問題が発生しており<sup>6) 7) 8)</sup>、消費者に正しく情報を提供しているとは言い難い。またGM作物の安全性に疑問を持つ研究も認められる<sup>9) 10) 11)</sup>。さらに、豆腐などの加工食品では組換え原料の混入量を調べる統一的な検査方法もまだ確立されていない<sup>12)</sup>。そこで、消費者がGM食品を的確に選択できるようにするためにも表示が正しくなされているか、その実態について調べることにした。調査対象は、日本で消費されている大豆食品のうち、食用油脂に次いで消費量の多い市販豆腐とした<sup>13)</sup>。

## 2. 実験方法

### 1) 試料調製

豆腐は2005年1/11～8/15の7ヶ月の間に東京都、神奈川県および埼玉県のスーパーマーケット、コンビニエンスストアおよび豆腐専門店で任意に購入した。32社で製造された42検体の豆腐は、その日のうちに開封し表面の水分をキムワイプで軽くふきとった後、約20 gを攪拌均質化したものから100mgを採取した。豆腐の大豆遺伝子の抽出は、QIAGEN社製のDNeasy Plant Mini Kitを用い、付属ハンドブックを参考にして行った。なお、酵素反応の時間は20分とし、遠心分離温度は4℃とした。

### 2) 検出方法

標的DNAはGene Amp PCR System 2700 (Applied Biosystems)を用いてPCR法で増幅した。PCR溶液はPCR Master mix 付属 Usage Informationのプロトコルを参考にして調製した。PCR Master mix (㈱プロメガ製)25  $\mu$ l, プライマー (㈱ニッポンジーン製) 1  $\mu$ lを加えたものに1  $\mu$ gの

DNAを含む抽出試料溶液を加えた後、全容量を50  $\mu$ lになるまでNuclease Free Water(㈱プロメガ製)を加えた。プライマーは内在性遺伝子検出用にGM Soybean(RRS) Detection Le1n02 (for endogenous gene) Oligonucleotide, 組換え遺伝子検出用にはGM Soybean(RRS) Detection RRS-01 Oligonucleotideを使用した。

PCR設定条件は、JAS分析試験ハンドブック<sup>14)</sup>を参考にして、初期反応95℃10分、次いで熱変性95℃30秒とアニーリング60℃30秒、伸長反応72℃30秒で40サイクル行った。最終伸長反応は72℃7分行った後、4℃まで冷却するか、使用するまで冷凍保存した。電気泳動はAgilent 2100 Bioanalyzer (Agilent Technologies)を用い、DNA 1000 LabChip Kit (Agilent Technologies)を使用して行った。なお、1試料は3～4回分析した。

## 3. 結果および考察

Table 1に、豆腐に含まれていたGMダイズの検索結果を示した。市販されていた豆腐42種はA～E

Table 1 Results of Recombinant DNA Detection in Tofu

Label*	Sample	GMO-specific Detection**	Label*	Sample	GMO-specific Detection**
A	Kinugoshi a	—	BA	Kinugoshi k	—
A	Kinugoshi b	—	BA	Kinugoshi l	—
A	Kinugoshi c	—	BA	Jyuten f	—
A	Kinugoshi d	+	BA	Jyuten g	—
A	Kinugoshi e	+	BA	Zaru (Zaru-iri)	—
A	Kinugoshi f	+	BA	Momen f	—
A	Kinugoshi g	+	BA	Momen g	—
A	Kinugoshi h	+	BE	Oboro	—
A	Kinugoshi i	++	CA	Kinugoshi m	—
A	Kinugoshi j	++	CA	Kinugoshi n	+
A	Jyuten kinugoshi a	—	CA	Jyuten h	+
A	Jyuten kinugoshi b	+	CA	Jyuten i	—
A	Jyuten c	—	CA	Jyuten j	—
A	Jyuten d	—	CA	Momen h	—
A	Jyuten e	++	CA	Momen i	—
A	Oboro	—	CA	Momen j	—
A	Momen a	—	CE	Kinugoshi o	—
A	Momen b	—	CE	Yose	—
A	Momen c	+	D	Organic Kinugoshi	—
A	Momen d	—	D	Organic Jyuten	—
A	Momen e	+	E	Sozai (Jyuten )	++
A	Sozai (Yose)	++			

\*A: non-GM soybean, B: domestic soybean, C: domestic soybean 100%,  
D: JAS mark and organic, E: label free for GM soybean

\*\*—: negative result, +: positive result (+ < ++)

の5つに分類した。Aは原料の欄に「遺伝子組換えでない」と表示されていたもの、Bは「国産大豆」と表示され、1種をのぞく全てが「遺伝子組換えでない」と表示されていたもの、Cは「国産大豆100%」と表示され、2種をのぞく全てが「遺伝子組換えでない」と表示されていたもの、Dは「JAS マーク」がつけられ「有機栽培」と表示されていたもの、Eは遺伝子組換え表示をしていなかったものである。

Table 1 に121bpの位置から確認された組換え遺伝子 (R) の有無を示した。なお118bpの位置で確認された大豆内在性遺伝子 Le 1 の濃度 L との比較、R/L からその割合の大小を+, ++で示した。

Aに分類した市販豆腐22検体中12検体から大豆の組換え遺伝子が検出された。定量まで行っていないため、表示が義務付けられている5%以上の遺伝子組換え大豆を用いているか明らかにできなかったが、ひとつの充填豆腐 (e) においては組換え遺伝子の濃いバンドが検出された。なお、この豆腐はクマやコアラ、パンダを象ったもので、明らかに低年齢層を対象にした商品と考えられた。なお2004年国民生活センター調べでも、遺伝子組換え大豆不使用と表示された市販豆腐の約6割から組換え遺伝子が検出されたとの報告<sup>15)</sup>がある。Bは国産大豆使用の豆腐で、どれも組換え遺伝子を含んでいなかった。現在日本では商業的にGMダイズを生産していないため、国産大豆使用豆腐から組換え遺伝子が検出されなかったのは、表示の正しさを実証している。Cは実質的にはBと同じと考えてよいが<sup>16)</sup>、わざわざ国産大豆100%使用と書かれていた豆腐である。10検体中大豆の組換え遺伝子が、わずかではあるが絹ごし豆腐1検体と充填豆腐1検体で検出された。宮崎ら<sup>17)</sup>も豆腐に含まれていた組換え遺伝子は微量であったと報告していることから、豆腐製造中もしくは大豆流通上でわずかではあるが他原料が混入した可能性も考えられる。しかしながら、純国産大豆使用の豆腐にわずかとはいえ組換え遺伝子が認められたことは、消費者の表示への信頼感をゆるがしかねず、製造工業者の原料取り扱いには、更なる注意が必要と考えられる。Dの有機大豆使用豆腐は有機的に栽培された国産大豆を使用しており、2検体

とも組換え遺伝子は検出されなかった。Eの充填豆腐は薬味が添えられており、惣菜として扱われている。そのためg当たりの価格は平均値以上であった。また、この検体からは電気泳動で明確な組換え遺伝子のバンドが検出された。この豆腐については遺伝子組換え表示がないことから、5%未満までのGMダイズの混入は認められるが、どの程度含まれていたかは今後の定量実験で明らかにしていきたい。

#### 4. 謝 辞

本研究を進めるにあたり、実験操作等についてご懇切なるご助言を賜りました、生活機構研究科助教授高尾哲也先生、生活科学科研究助手天野麻穂先生および平成16年度卒業生の高橋由紀さんと長澤悦子さんに厚くお礼申し上げます。

#### 5. 参考文献

- 1) 田部井豊・日野明寛・矢木修身, 日本における規制検討の経緯, 新しい遺伝子組換え体 (GMO) の安全性評価システムガイドブック, (株)エヌ・ティー・エス, p.45 (2005)
- 2) James, C.: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2004 (2004)  
(<http://www.isaaa.org>)
- 3) 農林水産省, 大豆のホームページ, 大豆関連データ  
(<http://www.maff.go.jp/soshiki/nousan/hatashin/daizu/siryo/jukyu.html>)
- 4) 遺伝子組換え食品に関する表示について, 厚生労働省医薬局食品保健部企画課長, 監視安全課長通知, 平成13年3月21日付食企発第3号, 食監発47号
- 5) 農林水産省, 食品表示とJAS規格, 品質表示基準一覧  
(<http://www.maff.go.jp/soshiki/syokuhin/heya/jasindex.htm>)
- 6) 朝日新聞, 朝刊, p.30, 2004. 07. 27
- 7) 権藤幸憲, アメリカの遺伝子組換え穀物と分別流通, *Coastal Bioenvironment*, Vol.2, 15-23, (2003)
- 8) 朝日新聞, 夕刊, p.1, 2002. 08. 28
- 9) Tony, M.A., Butschke, A., Broll, H., Grohmann, L., Zagon, J., Halle, I., Dänicke, S., Schauzu, M., Hafez, H.M. and Flachowsky, G., Safety assessment of Bt 176 maize in broiler nutrition:

- Degradation of maize-DNA and its metabolic fate,  
*Archives of Animal Nutrition*, **57**, 235-252 (2003)
- 10) Netherwood, T., Martin-Orue, S.M., O'Donnell, A.G., Gockling, S., Graham, J., Mathers, J.C. and Gilbert, H.J., Assessing the survival of transgenic plant DNA in the human gastrointestinal tract, *Nat. Biotechnol.*, **22**, 204-209 (2004)
- 11) Lerat, S., England, L.S., Vincent, M.L., Pauls, K.P., Swanton, C.J., Klironomos, J.N. and Trevors, J.T., Real-time Polymerase Chain Reaction Quantification of the Transgenes for Roundup Ready Corn and Roundup Ready Soybean in Soil Samples, *J.Agric.Food Chem.*, **53**, 1337-1342 (2005)
- 12) 朝日新聞, 朝刊, p.21, 2004. 08. 05
- 13) 農林水産省, 大豆のホームページ, 大豆関連データ集  
(<http://www.aff.go.jp/soshiki/nousan/hatashin/daizu/tisiki/kakou.html>)
- 14) 農林水産消費技術センター, JAS 分析試験ハンドブック「遺伝子組換え食品検査・分析マニュアル」改正第2版, 基本操作編, p.17 (2002)
- 15) (独) 国民生活センター, 豆腐の品質と衛生, 8月4日 (2004)  
(<http://www.kokusen.go.jp/news/index.html>)
- 16) 農林水産省畑作振興課 豆類班, 大豆 NEWS, Vol.4, 平成11年12月1日号  
(<http://www.aff.go.jp/soshiki/nousan/hatashin/news/newsind.html>)
- 17) 宮崎仁志, 麻野間正晴, 田村征男, 市販ダイズ加工食品からの組換え遺伝子の検出, 名古屋市衛生研究所報 No.50, 7-10 (2004)

(ふくしま まさこ 生活機構研究科)  
(すずき ゆうこ 生活科学科4年)  
(ふるかわ ゆか 生活科学科4年)  
(たけやま えみこ 食物科学科)